

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

*ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС ВОДЯНОГО НАСОСА»*

Дипломный проект
по специальности 44.03.04 Профессиональное обучение,
специализация «Технологии и оборудование машиностроения» (44.03.04)

Идентификационный код ВКР: 134

Екатеринбург

2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и методики
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ТМС

Н. В. Бородина
« ___ » _____ 20 ___ г.

*ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС ВОДЯНОГО НАСОСА»*

Пояснительная записка к дипломному проекту
по специальности 44.03.04 Профессиональное обучение,
специализация «Технологии и оборудование машиностроения» (44.03.04)

Идентификационный код ВКР: 134

Исполнитель:
студент группы ТО-401 (подпись)

Д.С. Фирсов

Руководитель:
доцент, к. т. н. (подпись)

Н.В. Бородина

Екатеринбург

2016

ДП 44.03.04.134.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Фирсов Д.С.			Проектирование технологического процесса механической обработки детали «Корпус водяного насоса»	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Бородина Н.В.						
Н. Контр.		Суриков В.П.				ФГАОУ ВО РГПУ ИИПО		
Утверд.		Бородина Н.В.						

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 63 листа машинописного текста, 21 таблица, 16 использованных источников, приложения на 3 листах, графическую часть на 8 листах.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, СТАНОК С ЧПУ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ.

В дипломном проекте разработан технологический процесс механической обработки детали «Корпус водяного насоса» с ориентацией на возможности ОЦ MULTUS В400. Используются режущие инструменты фирмы Sandvik Coromand и выбраны рекомендуемые режимы резания.

Для одной операции разработан фрагмент управляющей программы.

В методической части рассмотрен вопрос переподготовки рабочих станочных профессий на операторов станков с числовым программным управлением.

В экономической части дипломного проекта выполнен расчет экономической эффективности от внедрения нового технологического процесса.

					ДП 44.03.04.134.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Фирсов Д.С.			Проектирование технологического процесса механической обработки детали «Корпус водяного насоса»	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Бородина Н.В.						
<i>Н. Контр.</i>		Суриков В.П.				ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО		
<i>Утверд.</i>		Бородина Н.В.						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	8
1.1. Служебное назначение детали «Корпус водяного насоса»	8
1.2. Анализ технологичности детали	8
1.2.1. Качественная оценка.....	8
1.2.2. Количественная оценка технологичности детали	10
1.3. Анализ марки конструкционного материала	11
2. ВЫБОР ЗАГОТОВКИ И МЕТОДА ЕЕ ПОЛУЧЕНИЯ.....	13
2.1. Определение типа производства.....	13
2.2. Выбор исходной заготовки и метода ее получения.....	14
2.3. Расчет припусков на заготовку.....	16
3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС ВОДЯНОГО НАСОСА».....	19
3.1. Анализ базового технологического процесса	19
3.2. Разработка нового технологического процесса	20
3.2.1. Описание обрабатывающего центра MULTUS-B-400 II	20
3.2.2. Разработка технологического маршрута обработки детали.....	23
3.3. Выбор режущего инструмента и режимов резания.....	25
4. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ.....	28
4.1. Разработка фрагмента управляющей программы для проектируемого технологического	28
5. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	33
5.1. Исходные данные для выполнения экономического обоснования.....	33
5.2. Расчет технологической себестоимости детали	37
5.2.1. Определение затрат на материалы	37
5.2.2. Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих .	38
5.2.3. Затраты на электроэнергию.....	44

5.2.4. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования	45
5.2.5. Затраты на эксплуатацию инструмента	48
5.2.6. Затраты на оснастку	49
5.3. Определение годовой экономии от изменения техпроцесса	50
6. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	51
6.1. Анализ учебной документации	51
6.2. План-конспект изложения учебного материала на уроке	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	59
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Задание на ВКР	61
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Рабочая программа	62
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Технологическая документация	63
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Презентация для урока	64

ВВЕДЕНИЕ

В металлообрабатывающей промышленности обработка металлов резанием занимает одно из ведущих мест, поэтому правильный выбор заготовки, режима резания, инструмента, высокая степень механизации и автоматизации производства обеспечивают снижение себестоимости и высокое качество выпускаемой продукции.

В передовых странах используется высокотехнологичное оборудование и прогрессивный инструмент, в нашей стране заводы в основном оснащены универсальными станками и станками с ЧПУ, поэтому существует необходимость перевода на многоцелевые обрабатывающие центры.

Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса механической обработки детали «Корпус водяного насоса» с использованием многофункционального обрабатывающего центра фирмы OKUMA Multus B-400 II, а также прогрессивного инструмента фирмы Sandvik Coromant и Guhring.

Задачи дипломного проекта:

- проанализировать исходные данные;
- выбрать заготовку и метод ее получения;
- разработать технологический маршрут обработки детали «Корпус водяного насоса» с использованием многофункционального обрабатывающего центра Multus B-400 II;
- разработать управляющую программу для проектируемого технологического процесса обработки детали «Корпус водяного насоса»;
- выполнить экономическое обоснование проекта;
- разработать фрагмент обучающей программы.

При решении задач необходимо руководствоваться следующими соображениями:

при разработке технологического процесса ориентироваться на технико-технологические возможности обрабатывающего центра MULTUS B-400 II;

						Лист
					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- при разработке фрагмента обучающей программы для обучения персонала необходимо, чтобы была связь темы урока и технологического процесса.

					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Исходными данными являются технологический процесс механической обработки детали, рабочий чертеж и годовая программа выпуска.

1.1. Служебное назначение детали «Корпус водяного насоса»

Деталь «Корпус водяного насоса» является ответственной деталью, входит в сборочную единицу насоса и служит для принудительной циркуляции воды в системе охлаждения дизельных двигателей и дизель-генераторах. Для перекачки насосом воды во внутреннюю часть корпуса устанавливаются шкив, подшипники и крыльчатка.

1.2. Анализ технологичности детали

1.2.1. Качественная оценка

Деталь «Корпус водяного насоса» является асимметричной, имеет сложное осевое отверстие, отогнутый канал и фланцы на торце. При изготовлении детали для закрепления заготовки необходимо использовать специальные приспособления и противовес, отсюда можно сделать вывод, что обработка детали достаточно сложная и имеет свои особенности.

В ходе анализа рабочего чертежа корпуса водяного насоса были сформулированы основные технологические задачи, обеспечить:

- точность размера отверстия диаметр 62 - по H7; Ra = 1,25 мкм.
- точность размера отверстия диаметр 52 - по H9; допуск соосности относительно поверхности Ж не более 0,05 мм.
- точность размера отверстия диаметр 36 - по H11; Ra = 10 мкм.
- точность размера отверстия диаметр 45 - по H8; Ra = 2,5 мкм; допуск соосности относительно поверхности Ж не более 0,1 мм.
- точность размера отверстия диаметр 90 - по H14; Ra = 20 мкм.

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ΔП 44.03.04.134 ПЗ				

- точность размера отверстия диаметр 161 - по Н9; Ra = 5 мкм; допуск соосности относительно поверхности Ж не более 0,1 мм.
- точность размера отверстия диаметр 171,8 - по Н12; Ra = 5 мкм.
- точность 8 резьбовых отверстий М8- по 2Н5D; Ra = 3,2 мкм; позиционный допуск к поверхности П не более 0,25 мм.
- точность 5 резьбовых отверстий М5- по 6Н; Ra = 5 мкм; позиционный допуск к поверхности П не более 0,25 мм.
- точность 4 резьбовых отверстий М8- по 6Н; Ra = 3,2 мкм; позиционный допуск к поверхности Ж не более 0,2 мм
- точность резьбового отверстия М27- по 5Н6Н; Ra = 5 мкм.
- точность резьбового отверстия М8- по 6h; Ra = 5 мкм.
- позиционный допуск 5 отверстий диаметр 11,5 к поверхности Ж не более 0,2 мм; Ra = 20 мкм.
- допуск перпендикулярности правого торца размера 180_{-0,4} к поверхности П не более 0,1 мм; допуск плоскостности правого торца размера 180_{-0,4} к поверхности П не более 0,1 мм; допуск параллельности левого торца размера 180_{-0,4} к поверхности Р не более 0,1 мм;
- допуск торцевого биения размера 89±0,1 к поверхности Ж не более 0,05 мм;
- допуск торцевого биения размера 59±0,015 к поверхности Ж не более 0,1 мм;
- неуказанные предельные отклонения размеров получаемых механической обработкой: Н14, h14, $\pm \frac{IT_{14}}{2}$;

Конструкция детали представляет собой сложную форму, соответственно не предназначена для обработки нескольких заготовок на одном станке.

Представленные допуски и технические требования детали на чертеже соответствуют ее служебному назначению и технологическим возможностям станка.

					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

В качестве технологической базы используется отверстие диаметр 60 и торец детали. Такой вариант размещения баз наиболее эффективен, т.к. обеспечивается совмещение конструкторской и технологической базы, что позволит с наименьшей погрешностью выполнить другие размеры детали.

1.2.2. Количественная оценка технологичности детали

Количественную оценку производу по следующим показателям:

Коэффициент использования материала:

$$K_{и} = \frac{M_{д}}{M_{з}} = \frac{6}{9,5} = 0,63,$$

где $M_{д}$ - масса детали по чертежу, кг;

$M_{з}$ - масса материала, расходуемого на изготовление детали, кг;

Коэффициент точности обработки детали

$$K = \frac{T_{н}}{T_{о}} = \frac{2}{66} = 0,125,$$

где $T_{н}$ - число размеров необоснованной степени точности обработки;

$T_{о}$ - общее число размеров, подлежащих обработке;

Коэффициент шероховатости поверхностей детали

$$K = \frac{\text{Ш}_{н}}{\text{Ш}_{о}} = \frac{12}{16} = 0,75,$$

где $\text{Ш}_{н}$ - число поверхностей, не обоснованной шероховатости, шт;

$\text{Ш}_{о}$ - общее число поверхностей детали, подлежащих обработке, шт.

На основании анализа исходной информации, можно сделать вывод о том, что получение исходной заготовки методом литья в разовые песчаные формы нецелесообразно, так как при обработке детали большое количество металла уйдет в стружку, поэтому следует перейти к более технологичному методу получения заготовки.

Конструкция детали является не технологичной, так как она не симметрична, имеет сложные выступы и округлые внешние поверхности. Такая конструкция потребует особого подхода при разработке технологии её обработки.

						Лист
					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.3. Анализ марки конструкционного материала

Деталь «Корпус водяного насоса» изготавливается из алюминиевого литейного сплава АК7ч (АЛ9), он используется для изготовления фасонных отливок и отличается высокой герметичностью.

Особенности сплава АК7ч: хорошие коррозионная стойкость, механические и литейные технологические свойства (не склонен к трещинообразованию в процессе кристаллизации и последующего охлаждения, минимальная линейная усадка). По обрабатываемости резанием превосходит сплав АК12. Имеет хорошие механические свойства за счет образования соединения Mg_2Si , которое влияет на прочность сплава.

Область применения сплава АК7ч: детали самолетов, приборов, корпуса помп, карбюраторов, и работающие при температуре не выше $200^{\circ}C$. Применяют сплав АК7ч для наиболее ответственных отливок, сложных и крупногабаритных деталей, работающих при больших нагрузках (картер двигателя внутреннего сгорания), для литья мало и средненагруженных деталей приборов, агрегатов и двигателей, а также для бытовых изделий.

Таблица 1 - Химический состав в % для АК7ч ГОСТ 1583 – 93

Fe	Si	Mn	Al	Cu	Pb	Be	Mg	Zn	Sn	Примесей	-
до 1.5	6 - 8	до 0.5	89.6 - 93.8	до 0.2	до 0.05	до 0.1	0.2 - 0.4	до 0.3	до 0.01	всего 2	Ti+Zr<0.15

Примечание: Al - основа; процентное содержание Al дано приблизительно.

Таблица 2 - Механические свойства при $T=20^{\circ}C$ для АК7ч

					ΔП 44.03.04.134 ПЗ					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						11

Сортамент	s_B	s_T	d_5	y	КСУ	Термообработка
-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
литье в песчаную форму	170	120	2			
литье в кокиль	230	140	4			
Твердость для АК7ч, литье в кокиль						НВ 10 ⁻¹ = 70 МПа
Твердость для АК7ч, литье в песчаную форму						НВ 10 ⁻¹ = 60 МПа

Литейно-технологические свойства для АК7ч: линейная усадка – 1%.

					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

2. ВЫБОР ЗАГОТОВКИ И МЕТОДА ЕЕ ПОЛУЧЕНИЯ

2.1. Определение типа производства

Тип производства - это классификационная категория производства, определяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности и объема выпуска изделий. Различают три типа производства: единичное, серийное, массовое.

Тип производства по ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операций: $1 < K_{з.о.} < 10$ - массовое и крупносерийное производство, $10 < K_{з.о.} < 20$ - среднесерийное, $20 < K_{з.о.} < 40$ – мелкосерийное производство. В единичном производстве $K_{з.о.}$ не регламентируется. [16]

На первом этапе проектирования тип производства ориентировочно может быть определен в зависимости от массы детали и объема выпуска.

При массе детали 6 кг и выпуске продукции 400 шт, тип производства – среднесерийный. [14]

Такт выпуска продукции определяется по формуле (1):

$$t_{в} = \frac{60 \cdot F_{д}}{N}, \quad (1)$$

где $F_{д}$ - действительный фонд времени, ч

N - годовая программа выпуска деталей, шт

$$t_{в} = \frac{60 \cdot 2032}{400} = 305$$

Количество деталей в партии (n , шт) для одновременного запуска определяется по формуле (2):

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2)$$

где a - периодичность запуска в днях, $a = 5$ дня;

254 - количество рабочих дней в году.

Определим количество деталей в партии:

					Лист
					13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ΔП 44.03.04.134 ПЗ

$$n = \frac{400 \cdot 5}{254} = 8 \text{ штук}$$

2.2. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса изготовления детали. От правильности выбора заготовки, установления ее форм, размеров, припусков на обработку, точности размеров и твердости материала в значительной степени зависят характер и число операций или переходов, трудоемкость изготовления детали, величина расхода материала и инструмента, и, в итоге, стоимость изготовления детали.

Одним из методов получения заготовок в машиностроении является литье. Преимущество литых заготовок заключается в том, что их можно изготовить максимально приближенными к заданной форме и размерам и практически любой конфигурации. Отливки применяют для изготовления корпусных и других деталей сложной формы (корпусов, кронштейнов, стоек, фланцев и т.п.). Для получения отливок наиболее распространенными видами литья являются: литье в песчаные формы, в кокиль, по выплавляемым моделям, под давлением, в оболочковые формы.

Выбор того или иного метода литья зависит от материала детали, точности размеров и шероховатости поверхностей, от конфигурации, размеров и массы детали, а также от типа производства.

В кокилях получают отливки из чугуна, стали, алюминиевых, магниевых и др. сплавов. Особенно эффективно применение кокильного литья при изготовлении отливок из алюминиевых и магниевых сплавов. Эти сплавы имеют относительно невысокую температуру плавления, поэтому один кокиль можно использовать до 10000 раз (с простановкой металлических стержней). До 45 % всех отливок из этих сплавов получают в кокилях. При литье в кокиль расширяется диапазон скоростей охлаждения сплавов и образования различных

					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

структур. Данный метод широко применяется при серийном и крупносерийном производстве.

При анализе заводского технологического процесса было выявлено, что метод получения заготовки в разовые песчаные формы не соответствует требованиям среднесерийного производства, так как из-за большого количества металла требуется больше времени на снятие припуска. Поэтому целесообразно выбрать другой метод получения заготовки – литье в кокиль.

Литье в кокиль экономически целесообразно при величине партии не менее 300...500 шт. для мелких отливок и 30...50 шт. для крупных отливок. Этим способом можно получать отливки массой 0,25...7 т.

По классу размерной точности можно найти допуск размера отливки и предельные отклонения размеров. Допуск относится к линейным размерам, как изменяемым механической обработкой, так и не изменяемым. В последнем случае это будет допуск размера детали. Величина допуска зависит от класса точности размеров и номинального размера детали.

При литье в кокиль отливка имеет 6-10 класс размерной точности по ГОСТ 26645-85 (меньшие значения классов соответствуют массовому производству простых отливок) и 4-8 ряды припусков (меньшие ряды припусков относятся к отливкам из цветных сплавов).

Классы точности массы отливок ГОСТ 26645-85 при литье в кокиль массой до 10 кг 5т-12 (для термообрабатываемых отливок из цветных легкоплавких сплавов принимают меньшие значения рядов припусков).

Припуски на обработку (на сторону) и допуски на размеры отливки назначают по ГОСТ 26645-85 или по рекомендуемым значениям в зависимости от размеров детали, материала и способа литья. Припуски на обработку при литье в кокиль назначают от 1 до 4 мм.

При литье в кокиль повышается эффективность использования металла за счет упрочнения литниковой системы, сокращения прибыли и уменьшения припуска на механообработку.

					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Следовательно, литье в кокиль является наиболее приемлемым для данной детали.

2.3. Расчет припусков на заготовку

Определение оптимальных припусков на обработку тесно связано с установлением промежуточных и исходных размеров заготовки. Знание этих размеров необходимо для конструирования литейной оснастки, штампов, моделей, приспособлений, специальных режущих и измерительных инструментов, а также для настройки металлорежущих станков и другого оборудования.

В машиностроении применяют опытно-статистический и расчетно-аналитический методы установления припусков на обработку. При опытно-статистическом методе общие и промежуточные припуски берутся по таблицам. Недостаток этого метода в том, что припуски назначаются без учета методов обработки поверхностей и конкретных условий выполнения технологических операций и переходов.

При расчетно-аналитическом методе промежуточный припуск z_i на каждом технологическом переходе должен быть таким, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предшествующих переходах, а также погрешности установки ε_y обрабатываемой заготовки, возникающие на выполняемом переходе. Этот метод применяют в серийном и массовом производстве, когда обработка ведется на настроенных станках по методу автоматического получения размеров.

Расчетно-аналитический метод. Технологический маршрут обработки отверстия диаметр $37,5H10^{+0,1}$ мм состоит из операций чистовое точение, тонкое точение, выполняемых при одной установке обрабатываемой детали.

Расчет припусков для обработки отверстия диаметр $37,5H10^{+0,1}$ ведем путем составления таблицы, в которую последовательно записываем

						Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.134 ПЗ	

технологический маршрут обработки отверстия и все значения элементов припуска.

Таблица 3 - Расчет припусков

Технологические переходы обработки поверхностей отверстия	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{min}$, мкм	Расчетный размер D_p , мм	Допуск T, мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мм	
	R_z	h	ρ	ε				D_{min}	D_{max}	$2Z_{min}^{пр}$	$2Z_{max}^{пр}$
1.Заготовка	200	10 0	30 0	4 0		35,10 2	0,39	34,7 12	35,4 9		
2.Чернов. раст.	50	50	18	4 0	2*562	36,22 6	0,25	35,9 7	36,4 8	0,26 5	1,25
3.Чистовое раст.	20	25	1,5	4 0	2*133	37,16	0,16	37	37,6	0,68	1,03

Значения R_z, h находятся по таблице 7 [с. 182, 10] (R_z – высота неровностей профиля поверхности, h – глубина дефектного слоя); ρ, ε можно найти по таблице 36, 40 [с. 78, 10] (ρ – пространственное отклонение расположения обрабатываемой поверхности относительно базовых поверхностей заготовки, ε – погрешность установки детали в приспособлении).

Определение расчетного минимального припуска на обработку:

$$2Z_{imin} = 2 \left(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right)$$

$$2Z_{2min} = 2 \left(160 + 100 + \sqrt{300^2 + 40^2} \right) = 2 \cdot 562 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3min} = 2 \left(40 + 50 + \sqrt{18^2 + 40^2} \right) = 2 \cdot 133 \text{ мкм}$$

Определение расчетного размера для каждого перехода:

$$D_{p3} = 37,16 \text{ мм}$$

$$D_{p2} = 37,16 - (2 \cdot 0,133) = 36,226 \text{ мм}$$

$$D_{p1} = 36,226 - (2 \cdot 0,562) = 35,102 \text{ мм}$$

Определяются значения допусков на заготовку по ОСТ 5.0004 – 70, на чертежный размер детали и на промежуточные размеры в соответствии с квалитетами, получаемые на технологических переходах [с. 120, 10].

Наибольшие предельные размеры записываются в соответствии расчетным размерам. Наименьшие предельные размеры находятся прибавлением допуска к наибольшему предельному размеру.

Определение предельных значений максимальных и минимальных припусков:

$$2Z_{imin}^{np} = D_{max} - D_{maxi-1}$$

$$2Z_{2min}^{np} = 37,6 - 36,48 = 0,68 \text{ мм}$$

$$2Z_{1min}^{np} = 36,48 - 35,49 = 0,265 \text{ мм}$$

$$2Z_{imax}^{np} = D_{min} - D_{mini-1}$$

$$2Z_{2max}^{np} = 37 - 36,97 = 1,03 \text{ мм}$$

$$2Z_{1max}^{np} = 36,97 - 35,712 = 1,25 \text{ мм}$$

Определение общих припусков:

$$2Z_{mino}^{np} = \sum_{i-1}^n Z_{mini}^{np} = 0,68 + 0,265 = 0,936 \text{ мм}$$

$$2Z_{maxo}^{np} = \sum_{i-1}^n Z_{maxi}^{np} = 1,0 + 1,25 = 2,25 \text{ мм}$$

Расчет общего номинального припуска:

$$2Z_{o \text{ ном}} = 2Z_{o \text{ min}} + ESD_{\text{заг}} - ESD_{\text{д}} = 0,936 + \left(\frac{0,39}{2}\right) - 0 = 1,13 \text{ мм}$$

На остальные обрабатываемые поверхности детали припуски назначаются опытно-статистическим путем по ГОСТ 5.0004-70.

					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС ВОДЯНОГО НАСОСА»

3.1. Анализ базового технологического процесса

Заводской технологический процесс представляет собой набор технологической документации общее число операций в котором равно 23.

Способом получения заготовки в заводском технологическом процессе является отливка в разовые песчаные формы, при этом методе большое количество металла уходит в стружку. Коэффициент использования материала равен 0,63 это низкий показатель, следовательно, такой метод получения заготовки неэкономичен, поэтому целесообразно перейти к другому виду получения заготовки.

В маршрутно-операционных картах фактические припуски на обработку соответствуют чертежу, чистовые операции следуют за черновыми, с соответствием технологических баз и оптимальными режимами резания.

При базировании заготовки реализованы принципы постоянства и совмещения баз: отверстие диаметр 62 обрабатывается первым и является технологической базой на протяжении всего технологического процесса обработки детали, а также является конструкторской базой на чертеже, это значит, что отверстие диаметр 62 в качестве технологической базы было выбрано, верно. В связи с этим при обработке поверхностей обеспечивается наименьшая погрешность, следовательно, методы обработки поверхностей выбраны правильно.

При анализе правильности заполнения технологических карт, были выявлены следующие недочеты:

- В маршрутных картах отсутствует информация об используемом инструменте;
- В маршрутных картах нарушена последовательность обозначения операций

						Лист
					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- В операционных картах отсутствует норма вспомогательного времени на операцию.

Режущий инструмент, используемый в заводском технологическом процессе выбран по ГОСТу. В современном производстве наблюдается тенденция использования современного осевого инструмента, например Sandvik Coromant которые дают большую точность при обработке отверстий.

Предлагается в проектном варианте заменить устаревшее оборудование многофункциональным обрабатывающим центром, это позволит сократить количество механообрабатывающих операций, и выбрать более производительный инструмент.

3.2. Разработка нового технологического процесса

3.2.1. Описание обрабатывающего центра MULTUS-B-400 II

OKUMA (Япония) - крупнейший мировой производитель металлорежущего оборудования. По объему продаж концерн занимает 3-е место в мире, производит и продает по всему миру свыше 6 тысяч станков в год. В настоящее время "OKUMA" производит свыше 200 моделей и модификаций высокоточного и высокопроизводительного оборудования:

- токарные многофункциональные обрабатывающие центры,
- вертикальные и горизонтальные фрезерные обрабатывающие центры,
- фрезерные обрабатывающие центры портального типа,
- многоцелевые обрабатывающие центры.

Токарно-фрезерный станок нового поколения MULTUS предназначен для комплексной обработки деталей из различных материалов, в том числе и высоколегированных, закалённых сталей с твёрдостью поверхности HRC 58 ... 60. Технические возможности станка обеспечивают высокую производительность и точность при любом типе производства: от единичного и опытного до крупносерийного.

						Лист
					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Наличие противопиндилья позволяет выполнять обработку одной детали с двух сторон без участия человека. В процессе обработки детали могут быть использованы пять степеней свободы.

Станок имеет термостабильную конструкцию которая обеспечивает стабильную работу станка независимо от изменений температуры окружающей среды. За счет этого станок обладает повышенной жесткостью и прецизионной точностью, и надёжно работает как при черновой, так и при чистовой обработке.

Многофункциональный обрабатывающий центр MULTUS обеспечивает выполнение токарных, фрезерных, сверлильно-расточных операций любой сложности с высокой точностью. Сочетает в себе компактность обычного токарного станка с широким набором функций специального оборудования: сверлильно-фрезерных, резьбонарезных, резьбофрезерованных и др. работ. Станок оснащен новой, усовершенствованной системой ЧПУ OPS-P300S. Система обработки без столкновений. Станок может быть оснащён дополнительными опциями, что существенно расширяет технические возможности станка. Техническое описание обрабатывающего центра представлено в таблице 4. [39]



Рисунок 1 – Многоцелевой обрабатывающий центр MULTUS-B-400 II

Таблица 4 - Техническое описание станка

Спецификация		MULTUS B-400 II	
1		2	
Рабочая зона		С (задняя бабка)	W (противоположный шпиндель)
	Мах. диаметр обрабатываемой детали над седлом	710 мм	
	Мах. диаметр обработки	7100 мм	
	Расстояние между центрами	1500-2000 мм	
Перемещения	Перемещение по оси X	690 (+670 до -20) мм	
	Перемещение по оси Z	1545-2045 мм	
	Перемещение по оси Y	230 мм (+3.15~-3.15)	
	Перемещение по оси W		1550-2050 мм
	Ось С	360 (0.001)	
	Угол индексации по оси В	225-30~195 (0.001)	
Главный шпиндель	Скорость шпинделя	38 ~ 3800мин ⁻¹	
	Передний конец шпинделя	JIS A2-6	
Револьверная головка	Тип револьверной головки	H1-ATC	
	Кол-во инструментов	1 как для инструментов L, так и инструментов M	
Шпиндель приводного инструмента	Диапазон скоростей	50-6,000 [10,000*] мин ⁻¹	
	Максимальный крутящий момент (5мин/непр.)	65.7/41.8 Нм [57.3/38.2*]	
Подачи	Диапазон команд рабочей подачи	0.001 - 1,000 мм/об	
	Ускоренное перемещение	X: 40,000 Z:40,000 Y: 26,000 мм/мин	
		W: 20,000 мм/мин	
		C: 200 B: 30 мин ⁻¹ {об/мин}	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ΔП 44.03.04.134 ПЗ

Лист

22

Окончание таблицы 4 - Техническое описание станка

1		2	
Устройство автоматической смены инструмента	Хвостовик инструмента / инструментальная оправка для автомат. смены	HSK-A63 [CAPTO C6*]	
	Количество инструментов	20 [40*, 60*]	
Двигатели	Главный шпиндель (20 мин/непр.)	VAC 22/15 кВт	
	Противоположный шпиндель (20 мин/непр.)		VAC 22/15 кВт
	Шпиндель приводного инструмента (5 мин/непр.)	PREX 14/10 кВт [PREX 16/11*]	
Габариты	Площадь, занимаемая станком	7050*2660 мм	
	Вес нетто (с системой ЧПУ)	14,500 кг	15,000 кг
	Высота станка	300	

3.2.2. Разработка технологического маршрута обработки детали

Технологический маршрут обработки детали «Корпус водяного насоса» с использованием обрабатывающего центра MULTUS В 400 представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Технологический маршрут обработки детали

Операция 005 - Комплексная с ЧПУ	
Переход	Содержание перехода
1	Установ А
2	Подрезать торец и произвести контурную расточку отверстия
3	Сверлить 8 отверстий диаметр 6,7 под резьбу с фаской 1,6x45
4	Нарезать резьбу М8 у 8-ми отверстий
5	Сверлить 2 ступенчатых отверстия с фаской 1,5x45, диаметр 25,5 и диаметр 27,5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ΔП 44.03.04.134 ПЗ

Лист

23

Окончание таблицы 5 – Технологический маршрут обработки детали

6	Нарезать резьбу М27 в двух отверстиях
7	Установ Б
8	Подрезать торец и произвести контурную расточку отверстия
9	Расточить выточку 64
10	Расточить канавку
11	Фрезеровать торец канала Б
12	Сверлить выточку диаметр 60
13	Фрезеровать площадку у 5-ти проушин
14	Сверлить 5 отверстий диаметр 11,5 с фаской 0,5x45
15	Сверлить 4 отверстия диаметр 6,7 под резьбу с фаской 1x45
16	Нарезать резьбу М8 у 5-ми отверстий
17	Сверлить отв диаметр 6 на длину 63
Операция 010 - Гидроиспытание	
Операция 015 – Комплексная с ЧПУ	
1	Установ А
2	Фрезеровать площадку
3	Сверлить отверстие диаметр 4
4	Рассверлить отверстие на диаметр 8
5	Сверлить отверстие диаметр 6,7 под резьбу с фаской 1,6x45
6	Нарезать резьбу М8
7	Установ Б
8	Сверлить 5 отв диаметр 4,6
9	Фрезеровать фаски у 5 отв
10	Нарезать резьбу М5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ΔП 44.03.04.134 ПЗ

Лист

24

3.3. Выбор режущего инструмента и режимов резания

На выбор режущего инструмента влияют следующие факторы: тип производства, точность обработки, производительность обработки, материал обрабатываемой детали.

Инструмент и режимы резания для всех инструментов выбираю согласно рекомендациям каталога фирмы Sandvik Coromant [25].

Режимы резания представлены в таблице 3.4.

Основные формулы для расчетов режимов резания

Число оборотов

$$n=1000V/\pi D, \quad (3)$$

где V - скорость выбранная по каталогу, м/мин

D - диаметр инструмента или обрабатываемого отверстия, мм

Основное машинное время

$$T_0 = L_{об} / S_n + L_{б.х} / S_{б.х}, \quad (4)$$

где $L_{об}$ – длина обрабатываемой поверхности с учетом величины врезания и перебега, мм

S – подача, мм/об

$L_{б.х}$ – длина быстрого перемещения инструмента, мм

$S_{б.х}$ – скорость быстрого перемещения, мм/мин

Таблица 6 – Режимы резания

Операция 005- Комплексная с ЧПУ							
Переход	Режущий инструмент	t , мм	i	f_n мм/об	V_c , м/мин	n об/мин	T_0 , мин
2	Расточная оправка CoroTurn® 107 для точения - A25T-SCLCR 09HP-R; Режущая пластина CoroTurn® 107 для точения - CCMT 09 T3 08-KR H13A;	2,5	2	0,25	1940	3910	1,34

Продолжение таблицы 6 – Режимы резания

№	Режущий инструмент	t, мм	i	fn мм/об	V _c , м/мин	n об/мин	T _о , мин
3	Твердосплавное сверло CoroDrill® 460 для обработки ступени и фаски 460 - 460.2-0670-034A1-ХМ GC34	3,3 5	6	0,2	257	5000	0,4
4	Guhring Метчик для метрической резьбы ISO - Арт.-№: 915-8	0,5	4	1,25	503	6000	0,6
5	Специальное сверло CoroDrill 880 Step and Chamfer Tailor Made	12, 75	8	0,16	718	3670	0,9
6	Guhring Метчик для метрической резьбы - ISO Арт.-№: 915-27	0,5	4	1,25	503	6000	0,6
8	Расточная оправка CoroTurn® 107 для точения - A25T-SCLCR 09HP-R; Режущая пластина CoroTurn® 107 для точения - ССМТ 09 Т3 08-KR H13A	2,5	2	0,25	1940	3980	1,62
9	Расточная оправка T-Max® Q-Cut для обработки канавок - LAG151.32-D10M47-20; Режущая пластина T-Max® Q-Cut N151.2-200-20-4U H13A	2	1	0,25	1940	3360	0,03
10	Расточная оправка CoroTurn® 107 для точения A20T-SVPBR 3; Режущ. пластина CoroTurn 107 VBMT 16 04 01-UM 4315	1	1	0,2	150	1940	0,4
11	Торцевая фреза CoroMill® 245 - R245-100Q32-12H; Режущая пластина CoroMill® 245 для фрезерования R245-18 T6 M-PM	2	1	0,24	503	3360	0,6
12	Сверло со сменными пластинами CoroDrill® 880 880-D6000L40-02; периферийная пластина 880-09 06 W08H-P-GM 4344	2	1	0,2	380	3670	0,02
13	Дисковая фреза с цилиндрическим хвостовиком AQD-KC076O31-M	2	1	0,2	503	3980	0,13

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ΔΠ 44.03.04.134 Π3

Лист

26

Окончание таблицы 6 – Режимы резания

№	Режущий инструмент	t, мм	i	fn мм/об	V _c , м/мин	n об/мин	T _о , мин
14	Твердосплавное сверло CoroDrill® 460 для обработки ступени и фаски 460.2-1150-035A1-ХМ GC34	5,7 5	4	0,2	257	6000	0,04
15	Твердосплавное сверло CoroDrill® 460 - 460.2-0670-034A1-ХМ GC34	3,3 5	4	0,2	257	6000	0,04
16	Guhring Метчик для метрической резьбы ISO - Арт.-№: 915-8	0,5	4	1,25	503	6000	0,6
17	Твердосплавное сверло CoroDrill® 861-861.1-0600-072A1-GM GC34	3	8	0,25	227	3710	0,17
Операция 015 - Комплексная с ЧПУ							
2	Твердосплавная концевая CoroMill® Plura для торцевого фрезерования - R215.H4-20050EAK13P 1620	16	1	0,95	226	3360	0,4
3	Твердосплавное сверло CoroDrill® 861-861.1-0400-048A1-GM GC34	2	6	0,18	226	5000	0,6
4	Твердосплавное сверло CoroDrill® 460 - 460.1-0800-024A1-ХМ GC34	2	4	0,26	257	5000	0,04
5	Твердосплавное сверло CoroDrill® 460 - 460.2-0670-034A1-ХМ GC34	3,3 5	4	0,2	257	6000	0,04
6	Guhring Метчик для метрической резьбы ISO - Арт.-№: 915-8	0,5	4	1,25	503	6000	0,6
8	Твердосплавное сверло CoroDrill® 460 - 460.1-0420-032A1-ХМ GC34	3,3 5	4	0,2	257	6000	0,04
9	Твердосплавные концевые фрезы CoroMill®Plura для обработки фасок - 1C050-0300-045-ХА; 1C050-0150-060-ХА.	3,3 5	4	0,2	257	6000	0,03
10	Guhring Метчик для метрической резьбы ISO - Арт.-№: 915-5	0,5	4	1,25	503	6000	0,6

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ΔП 44.03.04.134 ПЗ

Лист

27

4. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

4.1. Разработка фрагмента управляющей программы для проектируемого технологического

Для разработки управляющей программы необходимо [30]:

Выбрать инструмент, выбрать режимы резания, спроектировать траекторию движения инструмента, определить координаты опорных точек.

Управляющая программа была создана в автоматическом режиме помощью программного обеспечения ADMAC , после этого скорректирована вручную.

Выбор режущего инструмента приведен в таблице 3.2

Режимы резания представлены в таблице 3.3

Траектория движения инструмента и таблица координат опорных точек приведены на операционных эскизах в графической части.

Перечень используемых подготовительных и вспомогательных функций представлен в таблице 7.

Таблица 7 - Перечень используемых функций G и M

Код функции	Описание назначения функции
Подготовительные функции	
G00	Ускоренное перемещение
G01	Линейная интерполяция
G02	Круговая интерполяция по часовой стрелке
G90	Абсолютная система отсчета координат
G96	Постоянная скорость резания при точении
G41	Коррекция на радиус резца
Вспомогательные функции	
M06	Смена инструмента и совмещение вершины инструмента с точкой 0
M08	Включает подачу СОЖ
M09	Выключает подачу СОЖ
M02	Конец управляющей программы

Структура кадра:

1. G функции;
2. Геометрическая информация (координаты);
3. Технологическая информация (режимы резания);
4. M функции.

Фрагмент управляющей программы разработан согласно рекомендациям и представлен в таблице 8.

Таблица 8 - Фрагмент управляющей программы

Содержание кадра	Расшифровка
1	2
N0001 G00 X600 Z1000	Перемещение в референтную точку станка на быстром ходу
NAT01	Выбор первого инструмента
N0100 G96 G41 S560 M03 M08	Выбор постоянной скорости резания, коррекция на радиус резца, S скорость шпинделя об/мин, вращение шпинделя по часовой стрелке, включение СОЖ
N0101 G90 G18 G00 X-82 Z0	Абсолютная система координат, плоскость резания XZ, быстрый подвод инструмента в точку 1
N0102 G01 X-17,5 F0.7	Линейная интерполяция, перемещение на рабочей подаче в точку 2
N0103 G01 Z-86 F0.7	Линейная интерполяция, перемещение на рабочей подаче в точку 3
N0104 G01 X-14	Перемещение по оси X в точку 4
N0105 G01 Z0	Перемещение по оси Z в точку 5
N0106 G01 X-20,5	Перемещение по оси X в точку 6

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ΔП 44.03.04.134 ПЗ

Лист

29

Продолжение таблицы 8 - Фрагмент управляющей программы

N0107 G01 Z-86 F0.7	Линейная интерполяция, перемещение на рабочей подаче в точку 7
N0108 G01 X-17,5	Перемещение по оси X в точку 3
N0109 G01 Z0	Перемещение по оси Z в точку 2
N0110 G01 X-23	Перемещение по оси X в точку 8
N0111 G01 Z-86 F0.7	Линейная интерполяция, перемещение на рабочей подаче в точку 9
N0112 G01 X-20,5	Перемещение по оси X в точку 7
N0113 G01 Z0	Перемещение по оси Z в точку 6
N0114 G01 X-26	Перемещение по оси X в точку 10
N0115 G01 Z-86 F0.7	Линейная интерполяция, перемещение на рабочей подаче в точку 11
N0116 G01 X-23	Перемещение по оси X в точку 12
N0117 G01 Z0	Перемещение по оси Z в точку 8
N0118 G01 X-27,5	Перемещение по оси X в точку 13
N0119 G01 Z-69,4 F0.7	Линейная интерполяция, перемещение на рабочей подаче в точку 14
N0120 G01 Z-72 X-26 F0.7	Линейная интерполяция, перемещение на рабочей подаче в точку 15
N0121 G01 Z0	Перемещение по оси Z в точку 10
N0122 G01 X-23	Перемещение по оси X в точку 16
N0123 G01 Z-66 F0.7	Линейная интерполяция, перемещение на рабочей подаче в точку 17
N0124 G01 X-27,5	Перемещение по оси X в точку 18
N0125 G01 Z0	Перемещение по оси Z в точку 13
N0126 G01 X-31	Перемещение по оси X в точку 19

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ΔП 44.03.04.134 ПЗ

Лист

30

Продолжение таблицы 8 - Фрагмент управляющей программы

N0127 G01 Z-66 F0.7	Линейная интерполяция, перемещение на рабочей подаче в точку 20
N0128 G01 X-27,5	Перемещение по оси X в точку 18
N0129 G01 Z0	Перемещение по оси Z в точку 13
N0130 G00 X800 Z1000 M09	Отвод инструмента в референтную точку на быстром ходу, отключение СОЖ
NAT02	Выбор второго инструмента
N0200 G96 G41 S430 M03 M08	Выбор постоянной скорости резания, коррекция на радиус резца, S скорость шпинделя об/мин, вращение шпинделя по часовой стрелке, включение СОЖ
N0201 G90 G18 G00 X-30 Z-4 F0.7	Абсолютная система координат, плоскость резания XZ, быстрый подвод инструмента в точку 1
N0202 Z-11	Перемещение по оси Z в точку 2
N0203 X-32	Перемещение по оси X в точку 3
N0204 G01 Z-42 F0.7	Линейная интерполяция, перемещение на рабочей подаче в точку 4
N0205 X-30	Перемещение по оси X в точку 5
N0206 Z-4	Перемещение по оси Z в точку 1
N0207 G00 X800 Z1000 M09	Отвод инструмента в референтную точку, выключение СОЖ
NAT03	Выбор третьего инструмента

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ΔП 44.03.04.134 ПЗ

Лист

31

Окончание таблицы 8 - Фрагмент управляющей программы

N0300 G96 G41 S430 M03 M08	Выбор постоянной скорости резания, коррекция на радиус резца, S скорость шпинделя об/мин, вращение шпинделя по часовой стрелке, включение СОЖ
N0301 G90 G18 G00 X-30 Z-4	Абсолютная система координат, плоскость резания XZ, быстрый подвод инструмента в точку 1
N0302 Z-62	Перемещение по оси Z в точку 2
N0303 G01 X-32 Z-64 F0.7	Линейная интерполяция, перемещение по двум осям на рабочей подаче в точку 3
N0304 G01 Z-35 F0.8	Линейная интерполяция, перемещение на рабочей подаче в точку 4
N0305 G01 X-32 Z-65 F0.7	Круговая интерполяция, перемещение на рабочей подаче в точку 5
N0306 G00 X-30 Z-62	Отвод инструмента по двум осям на быстром ходу в точку 2
N0307 X-30 Z-4	Перемещение по оси Z в точку 1
N0308 G00 X800 Z1000 M09	Отвод инструмента в референтную точку на быстром ходу, отключение СОЖ
N0309 M02	Конец программы

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ΔП 44.03.04.134 ПЗ

Лист

32

5. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

5.1. Исходные данные для выполнения экономического обоснования

Выбор методики расчета экономической эффективности мероприятий дипломного проекта определяется темой и содержанием технологической части работы, а также наличием необходимой исходной информации. Для дипломного проекта, содержание которого заключается в проектировании технологического процесса механической обработки детали «Корпус водяного насоса», методики расчета заключается в оценке сравнительной экономической эффективности двух вариантов оборудования с целью выбора более прогрессивного.

Проектируемый вариант за счет внедрения многофункционального обрабатывающего центра MULTUS B-400 II позволяет в одной операции выполнять точение, фрезерование, сверление, нарезание резьбы. Преимущество проектируемого варианта в сравнении с базовым заключается в следующем: сокращение парка станков; сокращение вспомогательного времени, сокращение штучно-калькуляционного времени.

Годовая программа выпуска – 400 шт.;

Определяем количество технологического оборудования

Количество технологического оборудования рассчитываем по формуле

$$g = \frac{t \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot k_{ВН} \cdot k_3 \cdot 60}, \quad (5)$$

где t – штучно-калькуляционное время операции, ч.;

$N_{год}$ – годовая программа выполнения деталей, $N_{год} = 400$ шт.;

$F_{об}$ – действительный фонд времени работы оборудования;

$k_{ВН}$ – коэффициент выполнения норм времени, $k_{ВН} = 1,02$;

k_3 – нормативный коэффициент загрузки оборудования, для серийного производства; $k_3 = 0,75 \div 0,85$.

						Лист
					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 9 - Нормы штучно–калькуляционного времени $T_{шт-к}$ (мин.)

Базовый вариант			Проектируемый вариант	
Операция	Оборудование	$T_{шт-к}$	Операция	$T_{шт-к}$
004 -Токарно-винторезная	1М63БФ101	6,464	005,015Комплексная с ЧПУ	12,01
005, 010 - Токарная с ЧПУ	1П756ДФ321	40,4; 24,1	010 - Гидроиспытание	7,4
015, 030,035, 060, 070 – Радиально-сверлильная	2М55	9,42; 17,5 2,8; 4,12 10,6		
020 Фрезерная ЧПУ	ГФ2171С5	11,75		
045Гидроиспытание	4Б-12877	7,4		
055 - Вертикально-фрезерная	6Р11	1,63		
075, 076 Вертикально-сверлильная	2Н135	16,088 8,175		
Итого:		186,357		

Рассчитываем действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле

$$F_{об} = F_n \left(1 - \frac{K_p}{100} \right) \quad (6)$$

где F_n – номинальный фонд времени работы единицы оборудования, ч.;

K_p – потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, %

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год (365 – календарное количество дней; 116 – количество выходных и праздничных дней;

249 – количество рабочих дней, из них: 5 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 244 – рабочие дни продолжительностью 8 ч). Отсюда количества рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

- при односменной работе составляет:

$$F_{\text{н}} = 244 \times 8 + 5 \times 7 = 1987 \text{ ч};$$

- при двухсменной работе:

$$F_{\text{н}} = 1987 \times 2 = 3974 \text{ ч.}$$

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 2,75% рабочего времени оборудования. Отсюда действительный фонд времени работы оборудования, согласно формулы (4.3), составляет:

$$F_{\text{об}} = 3974 \times \left(1 - \frac{2,75}{100}\right) = 3864 \text{ ч.}$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени согласно таблице 5.1 по формуле 5.2. Данные расчетов по базовому варианту свожу в таблицу 10.

$$q_1 = \frac{6,464 \cdot 400}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,012 \text{ шт.}$$

$$q_2 = \frac{64,5 \cdot 400}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,12 \text{ шт.}$$

$$q_3 = \frac{44,44 \cdot 400}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,088 \text{ шт.}$$

$$q_4 = \frac{11,75 \cdot 400}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,023 \text{ шт.}$$

$$q_5 = \frac{7,4 \cdot 400}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,014 \text{ шт.}$$

$$q_6 = \frac{1,63 \cdot 400}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,0031 \text{ шт.}$$

$$q_7 = \frac{24,263 \cdot 400}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,046 \text{ шт.}$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени согласно формуле 5.2. Данные расчетов по проектируемому варианту свожу в таблицу 11.

$$q_1 = \frac{12,5 \cdot 400}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,024 \text{ шт.}$$

Таблица 10 - Количество оборудования по базовому варианту

№	Операция	Оборудование	Кол-во станков	
			Расчет.	Принят.
1	Токарно-винторезная	16М30Ф315	0,012	1
2	Токарная с ЧПУ	1П756ДФ321	0,12	1
3	Радиально сверлильная	2М55	0,088	1
4	Фрезерная с ЧПУ	ГФ2171С5	0,023	1
5	Гидроиспытание	4Б-12877	0,014	1
6	Вертикально-фрезерная	6Р11	0,031	1
7	Вертикально-сверлильная	2Н135	0,046	1
ИТОГО:			0,334	7

Таблица 11 - Количество оборудования по проектному варианту

№	Операция	Оборудование	Кол-во станков	
			Расчет.	Принят.
1	Комплексная с ЧПУ	Multus В-400 II	0,024	1
2	Гидроиспытание	4Б-12877	0,014	1
ИТОГО:			0,038	2

5.2. Расчет технологической себестоимости детали

Текущие затраты на обработку детали рассчитываются только по тем статьям затрат, которые изменяются в сравниваемых вариантах.

В общем случае технологическая себестоимость складывается из следующих элементов, согласно формуле

$$C = Z_{\text{м}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{и}}, \quad (7)$$

где $Z_{\text{м}}$ – затраты на материалы, р.;

$Z_{\text{зп}}$ – затраты на заработную плату, р.;

$Z_{\text{э}}$ – зарплата на технологическую энергию, р.;

$Z_{\text{об}}$ – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, р.;

$Z_{\text{осн}}$ – затраты, связанные с эксплуатацией оснастки, р.;

$Z_{\text{и}}$ – затраты на малоценный инструмент, р.

5.2.1. Определение затрат на материалы

Если заготовки производятся по выбранному в основной части дипломного проекта методу, а не приобретаются, то затраты на материалы рассчитываются следующим образом:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{з}} + Z_{\text{р}}, \quad (8)$$

где $Z_{\text{з}}$ – затраты на основные материалы для заготовки, р.;

$Z_{\text{р}}$ – затраты на заработную плату основных рабочих, изготавливающих заготовку, р.

$$Z_{\text{з}} = (M_{\text{з}} \cdot Q_{\text{з}} - M_{\text{отх}} \cdot Q_{\text{отх}}) \cdot k_{\text{тр}}, \quad (9)$$

где $M_{\text{з}}$ – вес заготовки, кг;

$Q_{\text{з}}$ – цена за один килограмм материала заготовки, р.;

$M_{\text{отх}}$ – вес отходов, кг;

$Q_{\text{отх}}$ – цена за один килограмм отходов, р.;

$k_{\text{тр}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов.

$$Z_{\text{р}} = k_{\text{есн}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{п}} \cdot \sum (t_i \cdot C_i), \text{ р.}, \quad (10)$$

где $k_{\text{есн}}$ – коэффициент, учитывающий единый соц. налог ($k_{\text{есн}} = 1,26$);
 $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий премиальные выплаты;
 $k_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату
($k_{\text{доп}} = 1,05 \div 1,15$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент ($k_{\text{р}} = 1,15$);

t_i – штучно-калькуляционное время на выполнение заготовки, ч;

C_i – часовая тарифная ставка рабочего, изготавливающего заготовку, р.

Коэффициент использования материала характеризует технологичность заготовки и определяется по формуле

$$k_{\text{им}} = M_{\text{д}} / M_{\text{з}}, \quad (11)$$

где $M_{\text{д}}$, $M_{\text{з}}$ – масса соответственно детали и заготовки, кг.

$$M_{\text{з}} = 2035 + 392236 = 394271 \text{ р.}$$

$$M_{\text{д}} = (6,9 \cdot 300 - 0,9 \cdot 146) \cdot 1,05 = 2035 \text{ р.}$$

$$M_{\text{р}} = 1,26 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1,15 \cdot (2400 \cdot 110) = 392236 \text{ р.,}$$

$K_{\text{им}}$ при отливке в разовые песчаные формы, базовый вариант:

$$k_{\text{им.б}} = \frac{6}{9,5} = 0,63$$

$K_{\text{им}}$ при литье в кокиль, проектный вариант:

$$k_{\text{им.п}} = \frac{6}{6,9} = 0,86$$

5.2.2. Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле 5.4

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{тр}}, \quad (12)$$

где $Z_{\text{пр}}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих, р.;

$Z_{\text{н}}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование наладчиков, р.;

Z_k - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование контролеров, р.;

$Z_{тр}$ - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование транспортных рабочих, р.

Для расчетов используются следующие формулы:

а) основная и дополнительная заработная производственных рабочих с отчислениями на социальное страхование, при применении сдельной оплаты труда:

$$Z_{пр} = C_T \cdot t_{шт-к} \cdot k_{мн} \cdot k_{доп} \cdot k_{есн} \cdot k_p \text{ руб.},$$

где C_T - часовая тарифная ставка произв. рабочего на операции, руб.;

$t_{шт-к}$ - штучно-калькуляционное время на операцию, час;

$k_{мн}$ - коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание. ($k_{мн} = 1$)

$k_{доп}$ - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату (1,05 - 1,15); $k_{доп} = 1.1$

$k_{есн}$ - коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование ($k_{есн} = 1,3$);

в базовом варианте:

$$Z_{пр} = 100 \cdot (6,464 / 60) \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 17,716 \text{ руб.}$$

$$Z_{пр} = 150 \cdot (64,5 / 60) \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 256,175 \text{ руб.}$$

$$Z_{пр} = 100 \cdot (44,44 / 60) \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 121,802 \text{ руб}$$

$$Z_{пр} = 150 \cdot (11,75 / 60) \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 48,307 \text{ руб}$$

$$Z_{пр} = 100 \cdot (1,63 / 60) \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 4,467 \text{ руб}$$

$$Z_{пр} = 100 \cdot (24,263 / 60) \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 66,5 \text{ руб}$$

в проектном варианте:

$$Z_{прт} = 180 \cdot (12,01 / 60) \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 59,251 \text{ руб.}$$

Численность станочников вычисляем по формуле

$$Ч_{ст} = \frac{t \cdot N_{год} \cdot k_{мн}}{F_p \cdot 60}, \quad (14)$$

					Лист
					39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

где F_p – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч.;
 $k_{\text{мн}}$ – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание, $k_{\text{мн}} = 1$;

t – штучно-калькуляционное время операции, мин;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{\text{год}} = 400$ шт.

Действительный фонд времени работы станочника определяется по производственному календарю на текущий год (365 – календарное количество дней; 116 – количество выходных и праздничных дней; 249 – количество рабочих дней, из них; 244 – рабочие дни продолжительностью 8 ч; потери: 24 – отпуск очередной, 2 – потери пол больничному листу, 6 – прочие; итого потерь – 32 дня.). Отсюда количество рабочих часов станочника составляет 1731 ч.

Принимаем заработную плату производственных рабочих и рассчитываем численность рабочих по формуле (5). Результаты вычислений сводим в таблицу 12.

Таблица 12 – Затраты на заработную плату станочников по базовому варианту

Наименование операции	Часовая тарифная ставка, р.	Штучно-калькуляционное время, мин	Зарботная плата, р	Расчетная численность станочников, чел.
Токарно-винторезная	100	6,464	17,716	0,012
Токарная с ЧПУ	150	64,4	256,175	0,12
Радиально сверлильная	100	44,44	121,802	0,088
Фрезерная с ЧПУ	150	11,75	48,307	0,023
Гидроиспытание	100	7,4	20,28	0,014

Продолжение таблицы 12 – Затраты на заработную плату станочников по базовому варианту

Вертикально-фрезерная	100	1,63	4,467	0,031
Вертикально-сверлильная	100	24,263	66,5	0,046
Итого			514,967	0,334

Определим затраты на заработную плату по проектному варианту, результаты занесем в таблицу 13.

Таблица 13 – Затраты на заработную плату станочников по проектному варианту

Наименование операции	Часовая тарифная ставка, р.	Штучно-калькуляционное время, мин	Зарботная плата, р	Расчетная численность станочников, чел.
005-Многофункциональная	180	12,01	59,251	0,024
010-Гидроиспытание	100	7,4	20,28	0,014
Итого:			59,251	0,038

Зарботная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле

$$Z_{всп} = \frac{G_{всп} \cdot F_p \cdot \chi_{всп} \cdot k_{доп} \cdot k_{всн} \cdot k_p}{N_{год}}, \quad (15)$$

где F_p – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч.;

$N_{год}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{год} = 400$ шт.;

$k_{всн}$ – коэффициент, учитывающий страховые взносы;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

$$K_{\text{есн}} = 1,3;$$

K_p – районный коэффициент, $K_p = 1,2$;

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату,

$$K_{\text{доп}} = 1,23;$$

$G^{\text{сп}}$ – часовая тарифная ставка рабочего соответствующей специальности и разряда, р.;

$Ч_{\text{всп}}$ – численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда, р.

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле 5.8

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{g_p \cdot n}{N}, \quad (16)$$

где g_p – принятое количество оборудования, шт.;

n – число смен работы оборудования, $n = 2$;

N – число станков, обслуживаемых одним наладчиком, $N = 4$ шт.

$$Ч_{\text{нал б}} = \frac{0,0334 \cdot 2}{4} = 0,0167 \text{ чел.}$$

$$Ч_{\text{нал п}} = \frac{0,038 \cdot 2}{4} = 0,019 \text{ чел.}$$

Численность транспортных рабочих составляет 5% от числа станочников, численность контролеров – 7% от числа станочников, отсюда:

$$Ч_{\text{трансп.}} = 4 \times 0,05 = 1 \text{ чел.};$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 2 \times 0,07 = 1 \text{ чел.}$$

По формуле (4.13) произведем вычисления заработной платы вспомогательных рабочих:

$$З_{\text{нал б}} = \frac{150 \cdot 1731 \cdot 0,0167 \cdot 1,23 \cdot 1,3 \cdot 1,2}{400} = 208 \text{ р.}$$

$$З_{\text{нал п}} = \frac{150 \cdot 1731 \cdot 0,019 \cdot 1,23 \cdot 1,3 \cdot 1,2}{400} = 23,66 \text{ р.};$$

$$З_{\text{трансп.}} = \frac{100 \cdot 1731 \cdot 0,0167 \cdot 1,23 \cdot 1,3 \cdot 1,2}{400} = 138,67 \text{ р.};$$

					Лист
					42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ΔП 44.03.04.134 ПЗ

$$Z_{\text{контр.}} = \frac{80 \cdot 1731 \cdot 0,0167 \cdot 1,23 \cdot 1,3 \cdot 1,2}{400} = 110,93 \text{ р.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящуюся на одну деталь по каждому их вариантов, сводим в таблицу 14.

Таблица 14 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по базовому варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Рсчетная численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, р.
Наладчик	150	0,161	208
Транспортный рабочий	100	0,00835	138,67
Контролер	80	0,0116	110,93
Итого		0,0181	457,605

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (5.4):

$$Z_{\text{зп}} = 514,967 + 457,605 = 972,572 \text{ р.}$$

Таблица 15 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по проектируемому варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Расчетная численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, р.
Наладчик	63,2	0,019	23,66
Транспортный рабочий	45,89	0,00095	15,77
Контролер	54,32	0,00133	12,62
Итого		0,021	52,051

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (5.4):

$$Z_{\text{зп}} = 59,251 + 52,051 = 111,302 \text{ р.}$$

5.2.3. Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали операции, рассчитываем по формуле

$$Z_{\text{э}} = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{\text{вр}} \cdot k_{\text{од}} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{\text{вн}} \cdot 60} \cdot C_{\text{э}}, \quad (17)$$

где N_y – установленная мощность главного электродвигателя (по паспортным данным), кВт;

k_N – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности, $k_N = 0,2 \div 0,4$;

$k_{\text{вр}}$ – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени, для крупносерийного производства $k_{\text{вр}} = 0,7$;

$k_{\text{од}}$ – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей станка, $k_{\text{од}} = 0,75$ – при двух двигателях и $k_{\text{од}} = 1$ при одном двигателе;

k_w – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети предприятия, $k_w = 1,04 \div 1,08$;

η – коэффициент полезного действия оборудования (по паспорту стенка);

$k_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм, $k_{\text{вн}} = 1,02$;

$C_{\text{э}}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, $C_{\text{э}} = 2,35$ р.

Производим расчеты по вариантам по формуле (5.9):

$$Z_{\text{э}(1M63БФ101)} = \frac{15 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 6,464}{0,9 \cdot 1,03 \cdot 60} \cdot 2,35 = 0,91 \text{ р.};$$

$$Z_{\text{э}(1П756ДФ321)} = \frac{30 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 64,5}{0,9 \cdot 1,03 \cdot 60} \cdot 2,35 = 18,18 \text{ р.};$$

$$Z_{\text{э}(2M55)} = \frac{4,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 44,44}{0,9 \cdot 1,04 \cdot 60} \cdot 2,35 = 1,88 \text{ р.};$$

$$Z_{\text{э}(ГФ2171С5)} = \frac{18 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 11,75}{0,9 \cdot 1,03 \cdot 60} \cdot 2,35 = 1,98 \text{ р.};$$

$$Z_{\text{э}(6P11)} = \frac{1,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 1,63}{0,9 \cdot 1,03 \cdot 60} \cdot 2,35 = 0,022 \text{ р.};$$

$$Z_{\text{э}(2Н135)} = \frac{4 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 24,263}{0,9 \cdot 1,03 \cdot 60} \cdot 2,35 = 0,91 \text{ р.};$$

					Лист
					44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ΔП 44.03.04.134 ПЗ

$$Z_{э(MULTUS B-400)} = \frac{15 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 12,1}{0,9 \cdot 1,03 \cdot 60} \cdot 2,35 = 1,70 \text{ р.};$$

Результаты расчетов по вариантам свожу в таблицу 16 и 17.

Таблица 16 – Затраты на электроэнергию по базовому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, мин	Затраты на электроэнергию, р.
1М63БФ101	15	6,464	0,91
1П756ДФ321	30	64,5	18,18
2М55	4,5	44,44	1,88
ГФ2171С5	18	11,75	1,98
6Р11	1,5	1,63	0,022
2Н135	4	24,263	0,91
Итого			23,882

Таблица 17 – Затраты на электроэнергию по проектируемому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, мин	Затраты на электроэнергию, р.
MULTUS-B-400 II	15	12,01	1,70
Итого			1,70

5.2.4. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле

$$Z_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (18)$$

где $C_{рем}$ – затраты на ремонт технологического оборудования, р.;

$C_{ам}$ – амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, р.

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле

$$C_{ам} = \frac{C_{об} \cdot H_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_3 \cdot k_{вн} \cdot 60}, \quad (19)$$

где $C_{об}$ – цена единицы оборудования, р.;

$H_{ам}$ – норма амортизационных отчислений, $H_{ам} = 5\%$;

t – штучно-калькуляционное время, мин;

$F_{об}$ – годовой действительный фонд работы оборудования, $F_{об} = 3864$ ч.;

k_3 – нормативный коэффициент загрузки оборудования, $k_3 = 0,85$;

$k_{вн}$ – коэффициент выполнения норм, $k_{вн} = 1,02$.

Производим расчеты по вариантам по формуле (5.11):

$$C_{ам(1M63БФ101)} = \frac{860000 \cdot 0,05 \cdot 6,464}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 1,39 \text{ р.};$$

$$C_{ам(1П756ДФ321)} = \frac{1400000 \cdot 0,05 \cdot 64,5}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 22,46 \text{ р.};$$

$$C_{ам(2М55)} = \frac{840000 \cdot 0,05 \cdot 44,44}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 9,29 \text{ р.};$$

$$C_{ам(ГФ2171С5)} = \frac{1200000 \cdot 0,05 \cdot 11,75}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 3,5 \text{ р.};$$

$$C_{ам(6Р11)} = \frac{800000 \cdot 0,05 \cdot 1,63}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,34 \text{ р.};$$

$$C_{ам(2Н135)} = \frac{900000 \cdot 0,05 \cdot 24,263}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 5,54 \text{ р.};$$

$$C_{ам(Multus B400)} = \frac{3300000 \cdot 0,05 \cdot 12,01}{3864 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 104,88 \text{ р.};$$

Затраты на ремонт берутся в размере 5 % от стоимости оборудования на одну деталь на универсальное оборудование и 4% на Multus B400.

Результаты расчета затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносим в таблицу 18.

									Лист
									46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.134 ПЗ				

Таблица 18 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования базовый вариант

Модель станка	Стоимость, тыс. р.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, мин	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
16К20Ф3С32	860	1	5	6,464	1,39	12,4
1П756ДФ321	1400	1	5	64,5	22,46	46,6
2М55	840	1	5	44,44	9,29	15,3
ГФ2171С5	1200	1	5	11,75	3,5	14,5
6Р11	800	1	5	1,63	0,34	4,4
2Н135	900	1	5	24,263	5,54	11,1
Итого					42,52	105,2

Таблица 19 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования проектируемый вариант.

Модель станка	Стоимость, тыс. р.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, мин	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
Multus В400	33000	1	1	12,1	104,88	16,5
Итого					104,88	16,5

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле (5.10): базовый

$$Z_{об} = 42,52 + 105,2 = 147,72 \text{ р.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Проектный:

$$Z_{об} = 104,88 + 16,5 = 121,38 \text{ р.}$$

5.2.5. Затраты на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию инструмента вычисляем по формуле

$$Z_{и} = \frac{C_{и} + \beta_n \cdot C_n}{T_{ст} \cdot N_{год} \cdot (\beta_n + 1)} \cdot T_m \cdot \eta_{и}, \quad (20)$$

где $C_{и}$ – цена единицы инструмента, р.;

β_n – число переточек, $\beta_n = 0$;

C_n – стоимость одной переточки, $C_n = 0$ р.;

$T_{ст}$ – период стойкости инструмента, $T_{ст} = 480$ мин;

T_m – машинное время, мин;

$\eta_{и}$ – коэффициент случайной убыли инструмента, $\eta_{и} = 0,98$;

$N_{год}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{год} = 400$ шт.

Производим расчет затрат на эксплуатацию инструмента по формуле (5.12):

$$Z_{и.б} = \frac{3000}{120 \cdot 400} \cdot 64,4 \cdot 0,98 = 3,94 \text{ р}$$

$$Z_{и.б} = \frac{3000}{120 \cdot 400} \cdot 44,44 \cdot 0,98 = 2,71 \text{ р}$$

$$Z_{и.б} = \frac{3000}{120 \cdot 400} \cdot 24,2 \cdot 0,98 = 1,47 \text{ р}$$

$$Z_{и.п} = \frac{8000}{480 \cdot 400} \cdot 2 \cdot 0,98 = 0,489 \text{ р}$$

$$Z_{и.п} = \frac{16000}{480 \cdot 400} \cdot 4 \cdot 0,98 = 2,282 \text{ р}$$

$$Z_{и.п} = \frac{14000}{480 \cdot 400} \cdot 3 \cdot 0,98 = 0,49 \text{ р}$$

$$Z_{и.п} = \frac{7000}{480 \cdot 400} \cdot 3 \cdot 0,98 = 1,28 \text{ р}$$

5.2.6. Затраты на оснастку

Затраты на оснастку вычисляем по формуле

$$Z_{\text{осн}} = \frac{g_p \cdot N_{\text{прс}} \cdot C_{\text{прс}} \cdot N_{\text{ам}}^{\text{прс}}}{N_{\text{год}} \cdot 100}, \quad (21)$$

где g_p – количество оборудования,

$N_{\text{прс}}$ – количество приспособлений на единицу оборудования,

$C_{\text{прс}}$ – стоимость приспособления, р.;

$N_{\text{ам}}^{\text{прс}}$ – норма амортизационных отчислений на приспособления,

$N_{\text{ам}}^{\text{прс}} = 66\%$;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{\text{год}} = 400$ шт.

Производим расчет затраты на оснастку по формуле (4.19):

$$Z_{\text{осн.б}} = \frac{7 \cdot 3 \cdot 4000 \cdot 0,66}{400 \cdot 100} = 1,386 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{осн.п}} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 4000 \cdot 1 \cdot 0,66}{400 \cdot 100} = 0,131 \text{ р.}$$

Результаты расчетов технологической себестоимости годового объема выпуска детали сводим в таблицу 20.

Таблица 20 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статьи затрат	Сумма, руб. Базовый вариант	Сумма, руб Проектируемый вариант
Затраты на материалы	394,271	394,271
Заработная плата с начислениями	972,572	111,302
Затраты на технологическую электроэнергию	23,882	1,7
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	147,72	121,38
Затраты на эксплуатацию оснастки	1,386	0,131
Затраты эксплуатации инструмента	8,12	4,54
Итого	1547,951	633,324

5.3. Определение годовой экономии от изменения техпроцесса

Одним из основных показателей экономического эффекта от спроектированного варианта технологического процесса является годовая экономия, полученная в результате снижения себестоимости:

$$\mathcal{E}_{год} = (C_{б} - C_{пр}) \cdot N_{год},$$

где $C_{б}$, $C_{пр}$ – технологическая себестоимость одной детали по базовому и проектируемому вариантам соответственно, р.;

$N_{год}$ – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$\mathcal{E}_{год. б.} = (1547,951 - 633,324) * 400 = 365850 \text{ р.}$$

Таким образом, в результате повышения технологического уровня изготовления детали сократилось количество оборудования, работников, затрат на электроэнергию, но из-за малого годового объема выпуска деталей не удалось покрыть затраты на приобретения обрабатывающего центра. Что бы достичь положительного экономического эффекта необходимо расширить номенклатуру обрабатываемых на нём изделий.

					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

6. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В рамках дипломного проекта разработан технологический процесс обработки детали «Корпус водяного насоса». Деталь обрабатывается на обрабатывающем центре OKUMA Multus B-400 II. Внедрение нового оборудования ставит перед предприятием необходимость переобучения персонала по профессии «Оператор станков с программным управлением».

В связи с тем, что предприятие ООО «УДМЗ» не имеет собственного учебного центра, переподготовка операторов станков с ЧПУ производится в ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет» по договоренности с заводом.

6.1. Анализ учебной документации

Программа «Оператор станков с ЧПУ» изучается при переподготовке рабочих профессий.

Прохождение курсов повышения квалификации даёт возможность станочникам сохранить рабочие места, а заводу, не потерять время на поиск новых сотрудников. Обучение проходит путем посещения курсов на предприятии, при учебном центре. За счёт нового оборудования предприятие повысит качество выпускаемой продукции, снизит её себестоимость, а значит, увеличит конкурентоспособность продукции на рынке товаров.

Образовательная программа для подготовки операторов станков с ЧПУ разработана в соответствии с профессиональным стандартом и включает учебный план, рабочие программы дисциплин, описание материально-технической базы и требования к педагогическому персоналу. Учебным планом предусмотрено изучение 7 дисциплин. По окончании дополнительной образовательной программы обучаемые сдают экзамен. Общая трудоемкость программы «Оператор станков с ЧПУ» составляет 72 часа, состоит из 7 разделов и представлена в таблице 21.

									Лист
									51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.134 ПЗ				

Таблица 21 – Учебный план операторов станка с ЧПУ

№ п/п	Название дисциплин	Всего часов	В том числе		
			Теория	Практические занятия (лабораторные работы)	Форма контроля (зачет, экзамен)
1	2	3	4	5	6
1.	Блок социально-экономических дисциплин	0			
2.	Блок общепрофессиональных дисциплин				
2.1.	Современные обрабатывающие центры и программирование обработки	8	4	4	<i>Зачет</i>
2.2.					
3.	Блок профессиональных дисциплин				
3.1.	Основы программирования обработки на станках с ЧПУ	8	4	4	<i>Зачет</i>
4.	Блок специальных дисциплин				
4.1.	Создание УП для токарно-фрезерных станков Okuma	10	4	6	<i>Зачет</i>
5.	Практическое обучение	42		42	<i>Зачет</i>
6.	Консультации	1			
7.	Квалификационный экзамен	3			<i>Экзамен</i>
	ИТОГО:	72			

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ΔП 44.03.04.134 ПЗ

Лист

52

Рабочая программа дисциплины «Современные обрабатывающие центры и программирование обработки» представлена в приложении Б. Согласно рабочей программе учебный материал раскрывается в трех разделах. Лекционная часть дисциплины составляет 4 и практические занятия 4 часа.

В рамках дипломной работы проанализируем раздел «Основные сведения о станках с ЧПУ и об обрабатывающих центрах OKUMA». Согласно рабочей программе на этот раздел отведено 2 часа. Анализ методического обеспечения лекций показал отсутствие необходимых мультимедийного обеспечения. В нашей работе в методическом разделе поставим цель разработки мультимедийного сопровождения лекции по разделу «Основные сведения о станках с ЧПУ и об обрабатывающих центрах OKUMA», тема «Назначение и особенности токарно-фрезерных обрабатывающих центров OKUMA». Сначала выполним планирование занятия, отбор содержания и в соответствии с этим будет разработана мультимедийная презентация учебного материала.

В рамках дипломного проекта разработаем урок теоретического обучения по разделу «Основные сведения о станках с ЧПУ и об обрабатывающих центрах OKUMA».

Тема занятия: Назначение и особенности токарно-фрезерных обрабатывающих центров OKUMA.

Цели занятия:

Обучающая: Сформировать знания о назначении и особенностях токарно-фрезерных обрабатывающих центров OKUMA.

Воспитательная: содействовать повышению уровня мотивации на занятиях.

Развивающая: способствовать развитию мышления.

Организационная форма обучения: лекция, ориентированная на усвоение новых знаний.

Методы обучения: объяснение, рассказ, иллюстрация.

Технические средства обучения: компьютер, проектор.

						Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.134 ПЗ	

Дидактические средства обучения: мультимедийная презентация.

6.2. План-конспект изложения учебного материала на уроке

1. Организационная часть 5 минут

Поприветствовать учащихся. Сегодня мы будем изучать тему «Назначение и особенности токарно-фрезерных обрабатывающих центров OKUMA».

На занятиях мы с вами рассмотрим:

Токарно-фрезерные обрабатывающие центры OKUMA;

Основные сведения об обрабатывающем центре OKUMA MULTUS B400.

2. Мотивация обучаемых 2 минуты

Оператор станков с ЧПУ сегодня должен уметь работать на современном оборудовании. Современные обрабатывающие центры отличаются автоматизированными системами управления, благодаря которым оператору необходимо только задать необходимые параметры и наблюдать за циклом обработки.

3. Актуализация опорных знаний 10 минут

Задаёт вопросы, анализирует ответы. Дополняет и при необходимости поправляет обучаемых.

4. Изложение нового учебного материала на уроке 45 минут

Многофункциональные обрабатывающие центры OKUMA.

Пяти-осевые многоцелевые металлорежущие центры от мирового производителя OKUMA обеспечивают возможность комплексной обработки детали.

Многоцелевые станки объединяют функции ряда традиционных станков. Они позволяют выполнять многоцелевую обработку заготовок: развёртывание, сверление, фрезерование и другие. Многоцелевой станок оборудуется ЧПУ.

Все модели оснащаются автоматическими системами смены инструментов в процессе технологических операций, что позволяет выполнять

									Лист
									54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ΔП 44.03.04.134 ПЗ				

обработку заготовки различными инструментами на одном аппарате без остановки или с минимальными затратами времени.

Виды многоцелевых станков

Независимо от производителя, все многоцелевые станки разделяют на две группы, каждая из которых обеспечивает выполнение определённых задач.

Обработку корпусных или плоских заготовок производят с использованием универсальных сверлильно-фрезерно-расточных центров. Детали в виде тел вращения изготавливаются на устройствах шлифовального типа или многоцелевых токарных станках.

От традиционных токарных машин первая группа отличается тем, что обеспечивает обработку различных заготовок вращающимся инструментом, также многоцелевые центры данной категории позволяют выполнять точную угловую калибровку шпинделей, а также их режима вращения в процессе круговой подачи. Благодаря этому, многоцелевой токарный станок позволяет выполнять практически все виды фрезеровальных, токарных, сверлильных и иных обрабатывающих операций.

Вторая группа станков обеспечивает высокоточную обработку многопрофильных заготовок сложной формы: зубчатых колёс, шестерёнок и прочее. Их основным отличием в том, что заготовка в процессе обработки вращается. Благодаря этому данное оборудование позволяет изготавливать детали тел вращения.

Преимущества многоцелевых станков

Многофункциональность

Возможность осуществлять обработку заготовок различными инструментами позволяет производить максимальное количество различных деталей самых сложных конфигураций.

- Автоматизация

Все современные станки отличаются автоматизированными системами управления, благодаря которым оператору необходимо только задать необходимые параметры и наблюдать за циклом обработки.

									Лист
									55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.134 ПЗ				

- Экономия времени.

Станки отличаются высокой скоростью выполнения вспомогательных команд.

- Точность обработки

Несмотря на высокую скорость работы, многоцелевые токарные станки ничем не уступают аналоговым устройствам по качеству обработки деталей.

- Универсальность

Станки могут выполнять множество различных задач, по своей функциональности они не имеют конкурентов.

- Быстрая переналадка

Позволяет перенастраивать оборудование в кратчайшие сроки, оперативно реагируя на рыночные изменения.

Пяти координатные токарно-фрезерные обрабатывающие центры

Пяти-осевые многоцелевые металлорежущие центры от мирового производителя OKUMA обеспечивают возможность комплексной обработки детали и подразделяются на 3 группы.

Серия станков Multus

Многофункциональные 5-ти координатные обрабатывающие центры MULTUS сочетающие в себе достоинства токарного и фрезерно-сверлильного обрабатывающих центров обеспечивают возможность комплексной обработки детали, что существенно сокращает количество необходимого оборудования и оснастки, снижает трудоемкость изготовления деталей. Сочетают в себе высокую гибкость при переналадке и высокую производительность. Наличие противопинделя позволяет производить обработку инструментами (как токарными, так и вращающимися) в любом из 2-х шпинделей станка или с перехватом детали.

Серия станков MACTURN

					Лист
					56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ΔП 44.03.04.134 ПЗ

Станки серии MacTurn предназначены для комплексной обработки деталей различных материалов, в том числе и высоколегированных закаленных сталей с твердостью поверхности HRC 58...60.

Многофункциональные станки фирмы «Okuma» с 9-ти осевым контролем имеют широкие возможности режимов обработки: одновременная контурная обработка в 5-и осях широкое перемещение по оси Y; использование нижней револьверной головки; использование второго шпинделя, автоматического люнета, что дает возможность обработки деталей различной конфигурации и разной длины.

Серия станков VTM-YB

Вертикальные многофункциональные станки нового поколения серии VTM-YB предназначены для комплексной обработки деталей из различных материалов, в том числе и высоколегированных, закалённых сталей с твёрдостью поверхности HRC 58 ... 60. Технические возможности станка обеспечивают высокую производительность и точность при любом типе производства: от единичного и опытного до крупносерийного. Станок обладает повышенной жесткостью и прецизионной точностью, и надёжно работает как при черновой, так и при чистовой обработке. Применение передовых технических решений вместе с огромным опытом самой фирмы OKUMA обеспечивают сохранение точностных параметров и стабильность функционирования станка в течение 10-15 лет с момента приобретения, что подтверждается из практики эксплуатации данного оборудования в реальном производстве.

5. Закрепление нового материала 18 минут

Преподаватель проводит тестирование обучаемых по пройденному материалу по контрольным вопросам, приведенным в презентации.

Учащиеся письменно отвечают на вопросы, преподаватель собирает и проверяет ответы, после чего обсуждает с учащимися возникшие вопросы.

										Лист
										57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ΔП 44.03.04.134 ПЗ					

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте выполнена разработка технологического процесса механической обработки детали «Корпус водяного насоса» в условиях серийного производства.

Произведен анализ исходных данных и выбран метод получения заготовки, который обеспечивает получение необходимых требований с учетом особенностей и свойств обрабатываемого материала.

Для производительной механической обработки детали подобран режущий инструмент и режимы резания в соответствии с рекомендациями фирмы Sandvik Coromant.

Разработана управляющая программа, которая позволяет произвести механическую обработку заготовки за две операции на обрабатывающем центре OKUMA MULTUS B400 для получения детали с заданными требованиями точности размеров.

В методической части проекта произведена разработка занятия для последующей переподготовки рабочих станочных профессий на операторов станков с числовым программным управлением.

В экономической части проекта выполнены расчеты показывающие себестоимость выпуска детали при внедрении данного технологического процесса.

					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ технологической документации машиностроительного производства: Учеб. пособие/ Н. А. Чернышев, В. М. Орбинский, А. Н. Воронцова и др./ ВолгГТУ, Волгоград, 2000 г., 96 с.
2. Бурлаков С.Л. Литьё в кокиль [Текст] / С.Л. Бурлаков, А.И. Вейник, Дубинин Н.П. - М.: Машиностроение. 1980. - 415 с.
3. Бородина Н. В. Дипломное проектирование: учебное пособие / Н. В. Бородина, Г. Ф. Бушков. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2011. 90 с.
4. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Текст] : учеб. пособие для машиностроит. вузов. - 4-е изд. Перераб. и доп. - М.: Высш. школа, 1983. - 256 с.
5. ГОСТ 26645-85 Отливки из металлов и сплавов: допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
6. Должиков В.П. Разработка технологических процессов механообработки в среднесерийном производстве [Текст]: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 324 с.
7. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих (ЕТКС), 2014. Часть №2 выпуска №2 ЕТКС, выпуск утвержден постановлением Минтруда РФ от 15.11.1999 №45 (в редакции приказа Минздравсоцразвития РФ от 13.11.2008 №645)
8. Козлова, Т. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для вузов / Т. А. Козлова ; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Урал. отд-ние Рос. акад. образования. - Екатеринбург : Издательство РГППУ, 2012. - 138 с.
9. Ловыгин А.А., Тверовский Л.В. – Современный станок с ЧПУ.- М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.: ил.

										Лист
										59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.134 ПЗ					

10. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. Ред. А.А. Панова 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.

11. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно - заключительного для технического нормирования станочных работ: Сер. Пр-во М.: Машиностроение, 1974. - 416 с.

12. Основной Каталог Sandvik Coromant 2009.

13. Справочник технолога- машиностроителя [Текст] / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2т. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986.- 1т- 656с.

14. Справочник технолога- машиностроителя [Текст] / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2т. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986.- 2т- 496с.

15. Серебrenицкий, П.П. Программирование автоматизированного оборудования [Текст] / П.П. Серебrenицкий, А.Г. Схиртладзе - М.: Дрофа, 2008.-Ч1- 576 с.

16. Чучкалова Е.И. Техничко-экономические расчеты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах) [Текст] : учеб. пособие /Е.И. Чучкалова, Т.А. Козлова, В.П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО "Рос. гос. проф.-пед. ун-т", 2006. - 66 с.

									Лист
									60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ΔП 44.03.04.134 ПЗ				

ПРИЛОЖЕНИЕ А

					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Тематический план изучения программы

№ п/п	Наименование разделов программы	Всего часов	В том числе:		Формы контроля
			Лекции	Практические занятия	
1	<i>Основные сведения о станках с ЧПУ и об обрабатывающих центрах OKUMA .</i>	2	2	0	Тестирование
2	Управление и наладка фрезерного обрабатывающего центра <i>OKUMA MU-400</i>	2	2	0	Тестирование
3	Программирование токарной и фрезерной обработки.	4	0	4	Выполнение практической работы
	Итого:	8	4	4	зачет

ПРИЛОЖЕНИЕ В

					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

					ΔП 44.03.04.134 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64